Note de recherche forestière n° 135

Régénération naturelle de l'épinette de Norvège au Québec : aucun signe d'envahissement

Marie-Josée Mottet, ing.f., M. Sc., Guy Prégent, ing.f., M. Sc., Martin Perron, biologiste, *Ph. D.*, Josianne DeBlois, stat. et Marie-Claude Lambert, stat.

F.D.C. 232
L.C. SD 391

Résumé

Le potentiel envahissant de l'épinette de Norvège (*Picea abies* [L.] Karst.) a été évalué dans 23 plantations situées au Québec et âgées de 30 à 80 ans. Des virées parallèles ont été réalisées à 6 distances, soit à -10, 0, 10, 20, 50 et 100 m de la bordure de la plantation et généralement pour 2 expositions (est et ouest). Chacune des virées comprenait généralement 10 placettes circulaires de 4 m^2 distancées de 5 m. La régénération a été dénombrée par espèce dans chaque placette et les épinettes de Norvège de faible taille ont été identifiées à l'aide de marqueurs moléculaires. La probabilité de présence d'au moins un semis d'épinette de Norvège par placette de 4 m^2 est de 13,3 % à l'intérieur de la plantation (-10 m) et de 8,4 % en bordure (0 m). Les probabilités à 10 et 20 m à l'extérieur de la plantation sont de 1,4 et 1,3 %, respectivement. Aucun semis d'épinette de Norvège n'a été retrouvé à 50 m, ni à 100 m des plantations inventoriées. La régénération en épinette comporte également des espèces indigènes, telles les épinettes blanche, noire ou rouge. Les probabilités que la régénération en épinette soit effectivement de l'épinette de Norvège sont de 90 % à l'intérieur de la plantation et de 62 % en bordure. À l'extérieur de la plantation, ces valeurs ne sont que de 13 et 18 %, respectivement à 10 et 20 m de la bordure. Par conséquent, la probabilité de présence d'épinette de Norvège de même que la proportion de semis d'épinette de Norvège par rapport à l'ensemble de la régénération en épinette diminuent rapidement en s'éloignant de la bordure des plantations. À la lumière de ces résultats, l'épinette de Norvège ne peut être désignée comme étant envahissante.

Mots clés : épinette de Norvège, *Picea abies*, envahissement, espèce exotique, plantation, régénération naturelle.

Abstract

*The invasive potential of Norway spruce (*Picea abies *[L.] Karst.) was assessed in 23 Québec plantations ranging in age from 30 to 80 years old. Parallel transects were established at six distances from the plantation boundary (-10, 0, 10, 20, 50 and 100 m) and, for the most part, for two different orientations, east and west. In general, each transect was comprised of ten circular plots of 4 m^2 at a spacing of 5 m. A regeneration survey was conducted by species in each plot and small Norway spruce saplings were indentified using molecular markers. The probability of the presence of at least one Norway spruce per 4 m^2 plot was 13.3% within the plantation (-10 m) and 8.4% at the border (0 m). Outside of the plantation, the probabilities declined to 1.4 and 1.3%, respectively, at distances of 10 and 20 m from the boundary. No Norway spruce regeneration was found in plots 50 and 100 m from plantation boundary. Spruce regeneration also includes indigenous species, such as white, black and red spruce. The probabilities that the spruce regeneration was actually Norway spruce were 90% within the plantation, 62% at the border and 13 and 18% at distances of 10 and 20 m from the plantation boundary, respectively. Consequently, the probability of the presence of Norway spruce, as well as the proportion of this species with respect to the total spruce regeneration, decreases rapidly with distance from the plantation boundary. Considering these results, Norway spruce should not be regarded as an invasive species.*

Key words : Norway spruce, Picea abies, *invasiveness, exotic species, plantation, natural regeneration.*

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Québec (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165
Courriel : recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca
Site Internet : www.mrnf.gouv.qc.ca

Québec

Introduction

La démonstration du caractère non envahissant des espèces exotiques utilisées pour le reboisement est devenue une préoccupation majeure pour tout organisme désireux d'obtenir la certification environnementale FSC (*Forest Stewardship Council*). Une espèce envahissante est généralement décrite comme une espèce introduite à l'extérieur de son aire de distribution naturelle où elle s'établit et se disperse sans l'intervention de l'homme, générant des impacts négatifs ou des changements significatifs dans les écosystèmes locaux (IUCN 2010, HAYSOM et MURPHY 2003). RICHARDSON *et al.* (2000) proposent une définition pour les espèces forestières basée essentiellement sur la vitesse et l'étendue de leur propagation, puisque l'impact sur les écosystèmes n'est pas toujours présent et est souvent difficile à mesurer. Pour les végétaux se reproduisant à partir de semences, ces auteurs suggèrent la définition suivante : « Espèce naturalisée qui produit une régénération naturelle abondante observée à plus de 100 m des semenciers en moins de 50 ans, et qui a alors le potentiel de se répandre sur une superficie considérable ». Le terme « envahissant » est souvent confondu avec celui de « naturalisé » qui, selon ces mêmes auteurs, doit être utilisé pour les espèces qui se reproduisent par elles-mêmes, habituellement près des semenciers et qui sont capables de maintenir des populations sur plusieurs générations, mais sans envahir les écosystèmes naturels.

Selon un recensement mondial récent de la littérature et d'autres bases de données, l'épinette de Norvège (*Picea abies* [L.] Karst.) a été rapportée comme espèce naturalisée en Australie, dans quelques pays d'Europe et dans certains états américains, mais aucun cas d'envahissement n'a été mentionné (RICHARDSON et REJMANEK 2004). Elle est également absente de la liste des espèces envahissantes (*Global Invasive Species Database*) de la Commission pour la sauvegarde des espèces de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN 2010). Pourtant, l'épinette de Norvège a eu plus d'opportunité de se répandre que d'autres espèces puisqu'elle est le conifère qui a été le plus planté à l'extérieur de son aire naturelle en Europe et elle est l'épinette qui a été la plus largement cultivée en Amérique du Nord (RICHARDSON et REJMANEK 2004). Aux États-Unis, elle a été probablement introduite dès le milieu du XIX^{e} siècle, et même beaucoup plus tôt (GRAVES 1900). Par ailleurs, cette espèce ne peut se croiser avec les épinettes indigènes (*P. glauca*, *P. mariana* et *P. rubens*) présentes au Québec et ainsi former des hybrides.

Au Québec, les premières plantations commerciales d'épinette de Norvège ont été établies au début du XX^{e} siècle (MACARTHUR 1964). CASTONGUAY (2006) rapporte la livraison de 30 000 plants de cette espèce dès 1909, lors des premières productions de plants de la plus ancienne pépinière forestière de la province. Depuis 1964, plus de 200 millions de plants ont été mis en terre avec un taux de reboisement particulièrement élevé durant les années 1980 et au début des années 1990 (CORNELLIER 1995). En 2010, la demande de plants se chiffrait à environ 500 000 par an, en majorité destinés aux régions du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie (A. DESHAIES, comm. pers.). Bien qu'il s'agisse de l'espèce exotique la plus utilisée pour le reboisement au Québec, elle ne représente actuellement que moins de 1 % des plants mis en terre. Aucun cas d'envahissement par l'épinette de Norvège n'a été rapporté, mais la présence de régénération naturelle de l'espèce a été récemment observée à l'intérieur et en bordure immédiate de plantations dans la région de la Gaspésie (GASSER *et al.* 2008).

L'objectif principal de cette étude est de déterminer si l'épinette de Norvège démontre actuellement un caractère envahissant ou non au Québec. Pour ce faire, la fréquence et la densité de la régénération naturelle de l'épinette de Norvège ont été évaluées à l'intérieur des plantations ainsi qu'au pourtour de celles-ci. L'objectif secondaire est de caractériser les milieux dans lesquels cette régénération naturelle est retrouvée.

Méthode

Localisation

Les inventaires de régénération naturelle ont été faits de mai à octobre 2009 dans 23 plantations âgées de 30 à 80 ans, situées principalement dans la région du Bas-Saint-Laurent, Québec, Canada. La grande majorité des plantations (21/23) sont situées dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est (SAUCIER *et al.* 2009) comprenant les régions écologiques 4d, 4f, 4g et 4h et deux plantations sont localisées dans l'érablière à tilleul de l'est (région 2b; Tableau 1).

Tableau 1. Description des plantations d'épinette de Norvège à l'étude

Appellation	Région écologique	Âge	Superficie (ha)	Altitude (m)	Année des éclaircies	Année de l'élagage	Nombre de placettes
Arboretum de Matapédia	4h	38	3,0	200	2000	-	120
Armand 6B	4f	54	1,3	340	-	-	59
Baie-des-Sables	4f	43	0,3	20	-	-	75
Esprit-Saint	4f	44	-	335	-	-	77
La Trinité-des-Monts	4f	40	-	270	-	-	50
Lac Jaune	4d	37	1,0	225	1994, 2002	1994	120
Parke 10A	4f	57	0,3	400	-	-	120
Lac-au-Saumon	4f	58	1,3	175	1993, 2003	1993	59
Saint-Marcellin, Rang VI	4f	35	1,5	300	-	1995	30
Saint-Marcellin, Rang VII	4f	50	0,5	300	2000	2000	117
Duchesnay, Semis Plus	4d	40	1,5	160	1990, 2003	1990	240
Saint-Alphonse 1	4g	38	-	150	-	-	110
Saint-Alphonse 2	4g	38	-	160	-	-	59
Duchesnay, station 12291,664	4d	40	-	200	-	-	42
Duchesnay, station 12293,1	4d	30	-	190	-	-	120
Saint-Charles-Garnier	4f	40	3,0	350	2000	2000	120
Sainte-Blandine	4f	37	-	170	-	-	102
Sainte-Odile	4f	36	-	175	-	-	4
Saint-Guy	4f	36	-	445	-	-	110
Saint-Louis-de-Blanford	2b	59	-	100	-	-	53
Saint-Valérien	4f	31	-	200	-	-	110
Grandes-Piles	2b	80	1,5	140	-	-	80
Withworth 19	4f	53	0,8	280	-	-	100

Inventaire

Des virées d'inventaire ont été pratiquées à l'intérieur et à l'extérieur des plantations, sur deux côtés, de préférence des côtés est et ouest, afin de tenir compte des vents dominants. Les virées étaient parallèles à la bordure à 6 distances de celle-ci : soit à -10 (10 m à l'intérieur de la plantation), 0, 10, 20, 50 et à 100 m. Chacune des virées était composée généralement de 10 placettes circulaires de 4 m^2 distancées de 5 m sauf pour 3 plantations dans lesquelles 20 placettes par virée ont été établies. Le point de départ de la virée à 0 m se situait à la limite des branches des arbres de bordure. La distance maximale de 100 m a été utilisée parce qu'elle sert de référence dans la définition de plantes envahissantes proposée par RICHARDSON *et al.* (2000). L'objectif était d'inventorier au minimum 120 placettes de 4 m^2 par plantation. Par contre, certaines conditions comme la présence de champs cultivés, de cours d'eau ou d'autres plantations d'épinette de Norvège à proximité ont pu limiter le nombre de virées effectuées. Pour chaque placette, le type de peuplement principal a été décrit selon les catégories suivantes : friche herbacée, friche arbustive, feuillu, mixte, résineux et plantation. Le stade du peuplement a aussi été déterminé : gaulis (dhp = 1-9 cm), perchis (dhp = 10-23 cm) et futaie (dhp > 23 cm). Afin de connaître la nature des lits de germination, la présence de litière de feuilles et d'aiguilles, de sol minéral, de roche, d'humus, de mousses ou de sphaignes, de débris ligneux et de souche a été notée. Huit classes de recouvrement ont été utilisées pour évaluer leur importance relative dans la placette : A (81-100 %), B (61-80 %), C (41-60 %), D (26-40 %), E (6-25 %), F (1-5 %), P (< 1 %) et 0 (0 %). Le recouvrement au sol par les cônes d'épinette de Norvège et les plantes herbacées a aussi été noté de la même façon.

Dans chaque placette, les semis d'épinettes ont été dénombrés selon quatre classes de hauteur : 0-10, 11-50, 51-100 et plus de 100 cm. Les autres espèces résineuses ont été identifiées, dénombrées et classées en deux catégories : semis et gaulis. Il en était de même pour toutes les espèces de feuillus qui ont été regroupées sous le terme « feuillu ». Les semis d'épinettes ont été identifiés sur le terrain à l'aide de caractères morphologiques ou en laboratoire par des marqueurs moléculaires, lorsque l'identification devenait impossible en raison de leur faible taille. Dans ce dernier cas, une pousse de la dernière année de croissance, ou le semis entier, a été récoltée et ensachée séparément puis entreposée dans une glaciaire au cours de la journée pour ensuite être mise au congélateur à -18 °C. Tous les semis d'épinettes non identifiés sur le terrain ont donc été échantillonnés, à l'exception de 27 placettes pour lesquelles environ le tiers des semis d'épinettes dénombrés a été récolté. Dans ce cas, les semis non échantillonnés ont été considérés de la même espèce que les semis de la même placette identifiés par les marqueurs moléculaires.

Identification des semis

En laboratoire, les épinettes ont été identifiées en utilisant deux régions génomiques montrant des polymorphismes interspécifiques. La paire d'amorces SB21 (Perry et Bousquet 1998) discrimine facilement l'épinette blanche (*P. glauca* [Moench] Voss). Afin de discriminer l'épinette de Norvège, une paire d'amorces a été mise au point à partir de l'intron 1 du gène nad5 (sous-unité 5 de la NADH déshydrogénase). Ainsi, les amorces NAD5-1_481 : 5'-CGATCCCCCTCTTTTTCTACTTA-3' et NAD5-1_697 5'-GGACAGGACCTTACTGGGTTTAC-3' ont été mises au point avec les séquences de Ran *et al.* (2006; GenBank : DQ358169, DQ358177, DQ358183, DQ358195) et le gratuiciel Primer3 (v.0.4.0 (http://frodo.wi.mit.edu/primer3/) (Rozen et Skaletsky 2000). Cette paire d'amorces a permis de discriminer facilement l'épinette de Norvège (allèle environ 14 pb plus courte). Un panel de plus de 24 individus par espèce (*P. abies*, *P. glauca* et *P. mariana*) a été testé, afin de vérifier l'absence de polymorphisme intraspécifique. Les ADNs ont été extraits avec la trousse « Nucleospin 96 Plant II » (Macherey-Nagel), d'après le protocole de la compagnie (tampons PL2 et PL3), et les modifications suivantes : 1) lyse de 2 heures et 2) tampon d'élution de TrisCl pH 8. Pour chaque PCR (*polymerase chain reaction*), la solution (15 µl) contenait : 0,2 mM de chaque dNTP, 1x de tampon de réaction, 1,5 mM de $MgCl_2$, 0,18 µM de chaque amorce, 0,375 U de « Platinum® Taq DNA Polymerase » (Invitrogen), et environ 20 ng d'ADN. Les deux régions génomiques ont été amplifiées dans une machine « Eppendorf Mastercycler ep gradient S » avec le protocole de Perry et Bousquet (1998), mais sans les rampes de quatre secondes par degré. Comme il n'est pas possible de discriminer, l'épinette noire (*P. mariana* [Mill.] B.S.P.) et l'épinette rouge (*P. rubens* Sarg.) ainsi que les hybrides entre ces deux espèces en employant ces deux régions génomiques, les semis ont été rapportés comme épinette noire ou rouge.

Analyses statistiques

Les différentes analyses ont été effectuées à l'aide de modèles linéaires généralisés mixtes. Ces modèles permettent d'analyser la relation entre une variable à expliquer et des variables explicatives par des techniques de régression en plus de tenir compte des effets aléatoires (McCullagh et Nelder 1989). Une régression logistique (avec la fonction de lien logit) a été utilisée pour l'analyse de la probabilité de présence de l'épinette de Norvège en fonction de la distance. Des analyses similaires ont également été effectuées afin de déterminer si, en plus de la distance, la présence de semis d'épinette de Norvège variait selon le pourcentage observé des principaux lits de germination. Cependant, en raison du très faible nombre de semis d'épinette de Norvège observé au-delà de la bordure des plantations (22 semis et 8 plantations), seules les placettes situées à l'intérieur et en bordure des plantations ont été utilisées pour ces analyses. Les résultats ne sont cependant pas présentés puisqu'ils étaient difficilement interprétables du point de vue biologique, possiblement en raison de la grande variabilité des variables mesurées et à cause des faibles nombres observés pour chacune des classes de type de recouvrement. En présence d'épinette de Norvège, la quantité de semis dénombrés a été analysée à l'aide d'une distribution de Poisson en utilisant la fonction de lien logarithmique. Enfin, une distribution binomiale, avec la fonction de lien logit, a été utilisée pour analyser la proportion d'épinette de Norvège en présence de régénération en épinette. Les plantations et les orientations ont été traitées comme facteurs à effets aléatoires dans les analyses, pour tenir compte de la corrélation entre les placettes d'une même plantation ou orientation. La distance de la bordure des plantations, traitée comme facteur à effets fixes, a été considérée dans un

premier temps comme une variable catégorielle afin d'obtenir les moyennes ajustées et les erreurs-types correspondantes alors que dans un deuxième temps, elle a été considérée comme une variable continue afin de mieux illustrer la tendance en fonction de la distance (représentée par la ligne pointillée dans les graphiques). Le seuil théorique utilisé pour toutes les analyses a été fixé à 5 %.

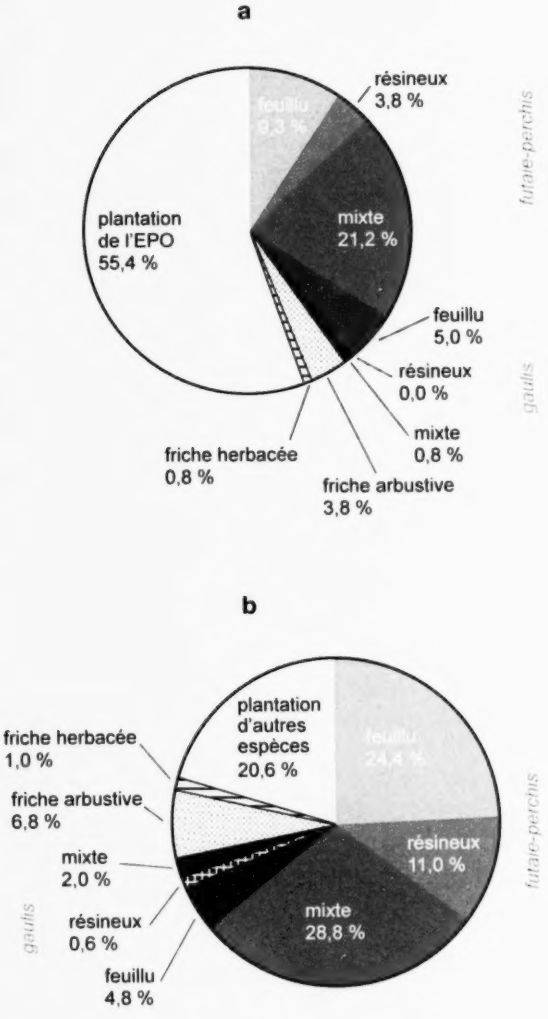

Figure 1. Répartition des placettes selon les différents types et stades de peuplements en bordure (0 m) des plantations (a) et à des distances de 10 à 100 m (b). Gaulis : dhp = 1-9 cm; perchis : dhp = 10-23 cm; futaie : dhp > 23 cm. n total = 2077 placettes observées. EPO = épinette de Norvège.

Résultats

Parmi les types de peuplements observés en bordure des plantations (0 m), la majorité des placettes présentaient encore les caractéristiques de la plantation (55,4 %) ou étaient situées dans des forêts naturelles de stade perchis ou futaie (21,2 % mixte, 9,3 % feuillu, 3,8 % résineux; Figure 1a). À des distances de 10 à 100 m, les forêts naturelles de stade futaie ou perchis constituaient les principaux peuplements rencontrés, soit mixtes (28,8 % des placettes), feuillus (24,4 %) ou résineux (11,0 %) suivi par les plantations d'autres essences (20,6 %; Figure 1b). À l'intérieur des plantations, le parterre était recouvert principalement de 10 % de litière de feuilles, 59 % de litière d'aiguilles, 11 % de débris et 8 % de mousses et sphaignes en moyenne alors qu'en bordure, les pourcentages moyens respectifs étaient de 28, 26, 10 et 11 % (Figure 2). Pour les distances de 10 m et plus, les pourcentages moyens étaient de 38, 19, 8 et 4 % respectivement. Les proportions respectives de placettes avec des cônes d'épinette de Norvège au sol étaient de 61 et 37 % en moyenne à l'intérieur (-10 m) et en bordure (0 m) alors qu'elles diminuaient à 13 % à 10 m, à 8 % à 20 m, à 4 % à 50 m et à moins de 1 % à 100 m.

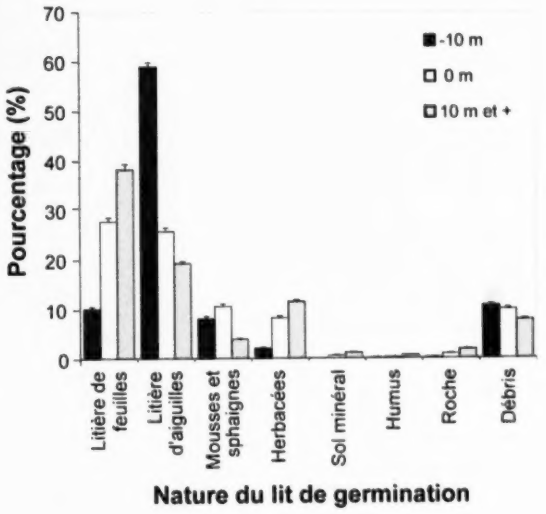

Figure 2. Pourcentage moyen de recouvrement des différents lits de germination dans les placettes et erreur-type en fonction de la distance de la bordure des plantations. -10 m = intérieur de la plantation; 0 m = bordure immédiate; 10 m et + = 10 à 100 m. n total = 2077 placettes.

La régénération naturelle d'épinette de Norvège a été observée à l'intérieur (-10 m) et dans la bordure immédiate (0 m) de 17 plantations parmi les 23 inventoriées. Elle était aussi présente à 10 ou 20 m de la bordure de 8 plantations. Pour les virées à -10 et 0 m, la proportion observée de placettes avec au moins un plant d'épinette de Norvège était respectivement de 17,5 et 12,3 % alors qu'à des distances de 10 et 20 m, elle était de 2,6 et 2,4 % respectivement. Aucune épinette de Norvège n'a été retrouvée à 50 m, ni à 100 m de la bordure. Selon le modèle obtenu, la probabilité de présence d'épinette de Norvège diminue avec la distance de la bordure ($F = 20{,}80$, $p < 0{,}0001$; Figure 3), passant de 13,3 % à l'intérieur d'une plantation à 8,4 % en bordure, alors que les probabilités respectives sont de 1,4 et 1,3 % à 10 et 20 m. En présence d'épinette de Norvège, le nombre de semis par placette diminue avec la distance, mais non de façon significative ($F = 1{,}96$, $p = 0{,}1228$); les valeurs estimées sont de 3,1, 2,6, 1,2 et 1,5 semis respectivement pour les virées à l'intérieur (-10 m), en bordure (0 m), à 10 et 20 m. En moyenne, l'extrapolation à l'hectare du nombre moyen de semis d'épinette de Norvège observés pour ces distances sur l'ensemble des placettes est de 1 538, 926, 73 et 90 semis, respectivement. Lorsqu'on observait une épinette, la probabilité que ce soit une épinette de Norvège diminuait significativement avec la distance de la bordure ($F = 31{,}90$, $p < 0{,}0001$), passant de 90 % à l'intérieur de la plantation à 62, 13 et 18 % pour les distances respectives de 0, 10 et 20 m (Figure 4). La fréquence et le nombre de semis par placette dans les plantations de plus de 50 ans ne sont pas significativement plus élevés par rapport aux plantations âgées entre 30 et 50 ans. Selon l'analyse statistique effectuée sur la virée à -10 m, la probabilité de présence de semis d'épinette de Norvège ($F = 3{,}71$, $p = 0{,}0726$) et le nombre de semis par placette ($F = 0{,}48$ et $p = 0{,}4979$) ne diffèrent pas significativement selon que la plantation ait été éclaircie ou non. Les probabilités moyennes ajustées et l'erreur-type correspondante sont de 30,7 ± 14,1 % et 8,6 ± 3,6 % alors que le nombre de semis estimé par placette est de 2,7 ± 0,7 et 3,5 ± 0,8 respectivement.

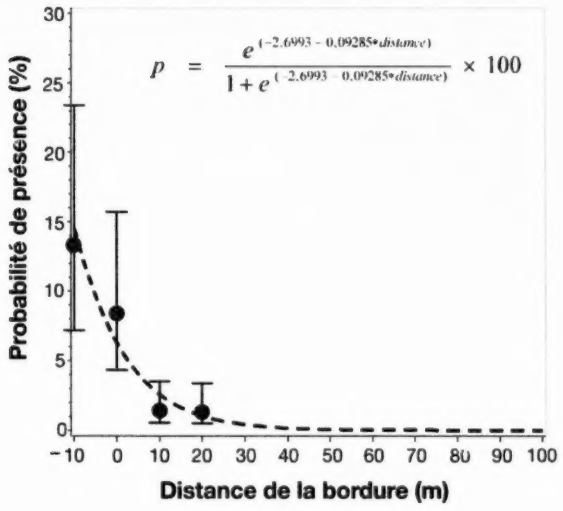

Figure 3. Probabilité (p) de présence d'une épinette de Norvège dans une placette de 4 m² et intervalle de confiance à 95 % estimés selon le modèle de prédiction en fonction de la distance de la bordure de la plantation.

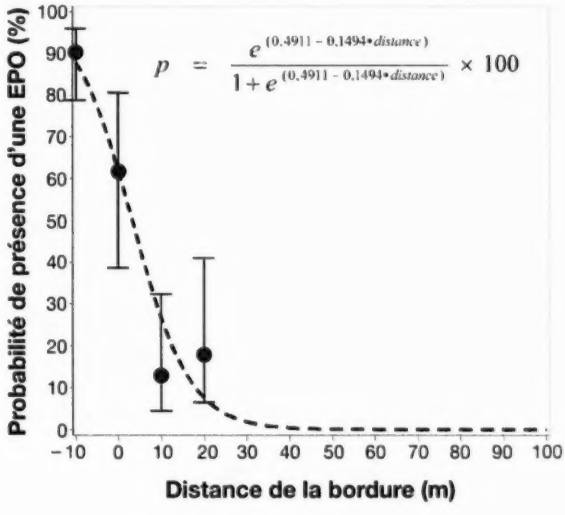

Figure 4. Probabilité (p) qu'une épinette observée dans une placette de 4 m² soit une épinette de Norvège (EPO) et intervalle de confiance à 95 % estimés selon le modèle de prédiction en fonction de la distance de la bordure de la plantation.

À l'intérieur des plantations, les semis d'épinette de Norvège de 10 cm et moins de hauteur dominaient, comptant en moyenne pour 95 % du nombre total observé (Figure 5). Les autres semis (5 %) observés se retrouvaient dans la classe 11-50 cm. En bordure (0 m) et à l'extérieur (10 et 20 m) des plantations, la proportion de tiges de 10 cm et moins demeurait élevée (entre 42 et 50 %), alors que les proportions oscillaient entre 22 et 34 % pour la classe 11-50 cm, entre 0 et 16 % pour la classe 51-100 cm et entre 12 et 21 % pour la classe 100 cm et plus.

Parmi les autres essences dénombrées à l'intérieur des plantations, le sapin baumier au stade semis était le plus fréquent (35 % des placettes), suivi des feuillus - semis (14 %; Figure 6a). Pour les distances de 0 et 10 à 100 m, les fréquences pour le sapin baumier - semis (34 et 29 %) et pour les feuillus – semis (30 et 39 %) étaient comparables. Les autres essences observées étaient l'épinette blanche (6 à 7 %), le thuya de l'Est (*Thuja occidentalis* L.;1 à 2 %) et l'épinette noire ou rouge (1 à 2 %). Les mêmes tendances ont été observées pour le nombre moyen de tiges à l'hectare (Figure 6b).

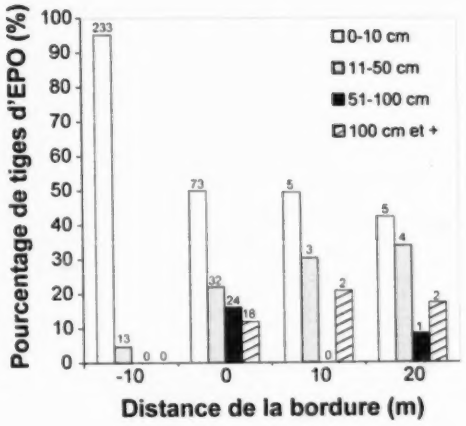

Figure 5. Répartition des tiges d'épinette de Norvège (EPO) dans chaque classe de hauteur en fonction de la distance de la bordure de la plantation. Le nombre d'EPO observée est indiqué pour chaque classe de hauteur. -10 m = intérieur de la plantation; 0 m = bordure immédiate. n (-10 m) = 400; n (0 m) = 397; n (10 m) = 344; n (20 m) = 335 placettes observés.

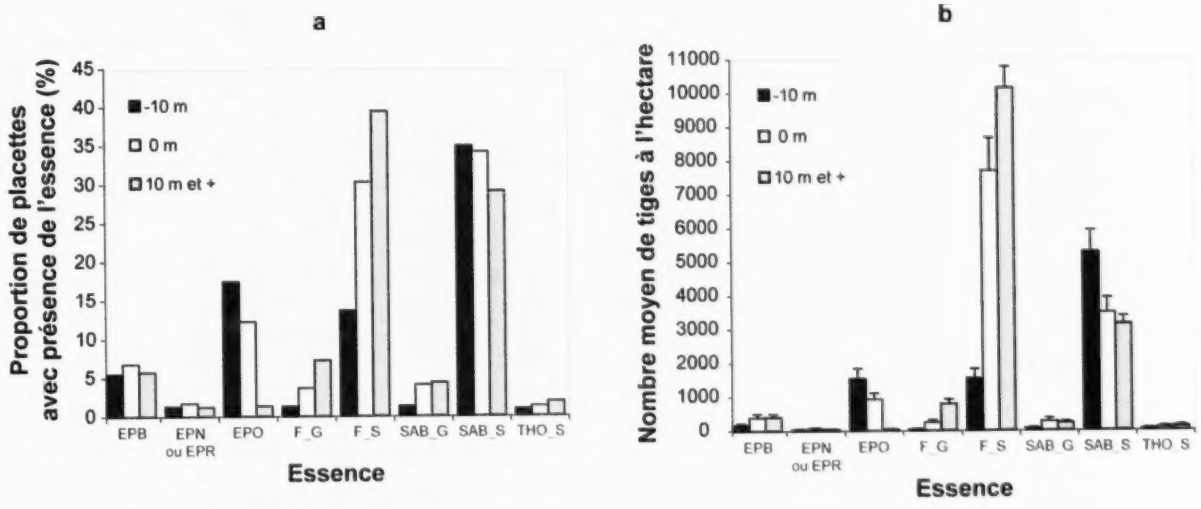

Figure 6. Proportions de placettes (a) et nombre moyen de tiges à l'hectare et erreur-type (b) pour chaque essence selon la distance de la bordure de la plantation. -10 m = intérieur de la plantation; 0 m = bordure immédiate; 10 m et + = 10 à 100 m. EPB : épinette blanche, EPN : épinette noire; EPR : épinette rouge; EPO : épinette de Norvège, F_G : feuillus-gaulis, F_S : feuillus-semis, SAB_G : sapin baumier-gaulis, SAB_S : sapin baumier-semis, THO_S : thuya de l'est-semis. Gaulis : dhp = 1-9 cm, semis : dhp < 1 cm. n (-10 m) = 400, n (0 m) = 397, n (10 m et +) = 1280 placettes observées. Les trois épinettes sont dénombrées toutes classes de hauteur confondues.

En général, les épinettes de Norvège en bordure et à l'extérieur des plantations (0-20 m) étaient situées plus fréquemment dans les peuplements feuillu-gaulis (19,5 % des placettes de ce type), alors qu'elles étaient présentes dans moins de 7 % dans les autres types et stades de peuplement (Figure 7).

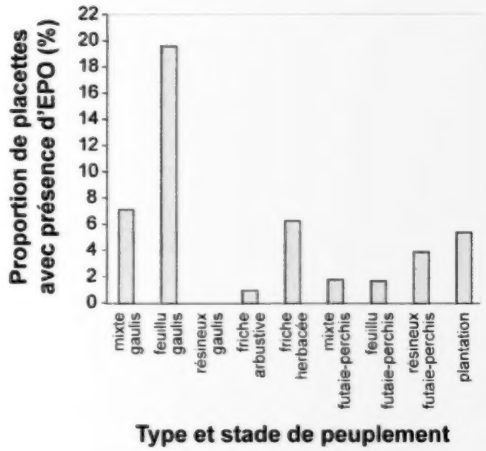

Figure 7. Proportion de placettes avec épinette de Norvège (EPO) dans chaque type et stade de peuplement observés en bordure et à l'extérieur des plantations (distances 0, 10 et 20 m). Plantation = plantation d'espèces autres que l'EPO. n total = 66 placettes avec EPO.

Discussion

Les résultats de l'étude indiquent que la régénération naturelle d'épinette de Norvège se situe principalement à l'intérieur des plantations et dans leur bordure immédiate (17 parmi 23 plantations inventoriées). La probabilité de présence de semis d'épinette de Norvège dans une placette est de 13,3 % à l'intérieur de la plantation, de 8,4 % en bordure (0 m) et diminue radicalement à moins de 2 % à des distances de 10 et 20 m. Aucune épinette de Norvège n'a été trouvée à des distances de 50 et 100 m. La distance de 20 m correspond à l'amplitude de dispersion des semences de cette essence qui équivaut généralement à une à deux fois la hauteur des semenciers (HANSSEN 2003). Dans la présente étude, le transport des semences par les animaux, notamment les écureuils, ne semble pas favoriser une plus grande dispersion; d'ailleurs, très peu de cônes ont été retrouvés à plus de 20 m des plantations. La superficie totale inventoriée équivalant à environ 0,1 ha pour chacune des distances de 50 et 100 m n'est probablement pas suffisante pour détecter des cas exceptionnels de régénération naturelle d'épinette de Norvège. Cependant, cette méthode permet de conclure que la régénération naturelle de cette espèce à ces distances est généralement absente ou rare. Par ailleurs, certaines situations pourraient favoriser l'envahissement, par exemple des conditions météorologiques permettant la dispersion des graines sur de plus grandes distances, ou la présence près des plantations de grandes superficies présentant peu de compétition par les espèces indigènes. Des études plus approfondies permettraient de vérifier si une dispersion plus grande des semences d'épinette de Norvège est possible dans certains cas, ou si l'envahissement par cette espèce pourrait constituer un problème réel dans des situations particulières.

En jeune âge, l'épinette de Norvège peut être confondue avec les épinettes indigènes. L'identification à l'aide des marqueurs moléculaires indique que les épinettes échantillonnées ne sont pas uniquement de l'épinette de Norvège, même à l'intérieur (probabilité (p) de 90 %) et en bordure immédiate (p = 62 %) des plantations. À 10 et 20 m, la probabilité que les épinettes observées soient de l'épinette de Norvège diminue fortement (20 %).

Probablement en raison d'un échantillonnage restreint de plantations éclaircies (6) et d'une grande variabilité dans les résultats, la différence dans la fréquence des semis d'épinette de Norvège entre les plantations éclaircies et non éclaircies n'a pu être détectée (p = 0,0726) même si une tendance semble se dessiner (probabilité de présence de 30,7 % après éclaircie contre 8,6 % sans éclaircie). GASSER *et al.* (2008) ont observé en utilisant la même méthode, une fréquence de semis d'épinette de Norvège similaire (7,2 %) dans des plantations non éclaircies de la Gaspésie. Habituellement, la régénération de l'épinette de Norvège est fortement favorisée par l'augmentation légère de l'intensité lumineuse causée par la création de petites trouées, même si elle est tolérante à l'ombre (LEEMANS 1991). Les perturbations exposant le sol minéral lors des opérations de récolte pourraient aussi faciliter l'établissement de cette espèce puisque ce substrat favorise la germination des graines (BRANG 1998). Il demeure toutefois nécessaire qu'il y ait eu une bonne année semencière peu de temps après la coupe et que les conditions météorologiques

favorisent une humidité constante du lit de germination (HANSSEN 2003). Dans la présente étude, une grande partie de la variabilité observée dans la fréquence des semis est probablement attribuable à ces facteurs non mesurés.

À l'intérieur des plantations étudiées, 95 % des plants d'épinette de Norvège mesuraient 10 cm et moins de hauteur. GASSER *et al.* (2008) ont aussi dénombré une majorité de semis de petite taille (30 cm et moins) dans les plantations de la Gaspésie. Dans la présente étude, la faible incidence de plants plus grands, et probablement plus âgés, pourrait être reliée au court laps de temps (9 ans pour certaines plantations) depuis les éclaircies. Il est aussi possible qu'elle soit reliée à des taux de mortalité élevés des jeunes semis. Les épinettes de Norvège à l'étude produisent des semences depuis plusieurs années puisque la production de cônes débute généralement vers l'âge de 15 ans. Un taux de mortalité élevé expliquerait pourquoi la régénération de l'épinette de Norvège n'est pas plus fréquente et abondante dans les plantations de plus de 50 ans par rapport à celles âgées de 30 à 50 ans. D'ailleurs, LEEMANS (1991) rapporte des taux de survie de seulement 1 % des semis de l'année après un an, dans les forêts naturelles d'épinette de Norvège en Suède. L'établissement de parcelles permanentes permettrait de vérifier cette hypothèse. La sécheresse, la suppression par la végétation et les attaques par les champignons sont souvent les causes du haut taux de mortalité des jeunes épinettes de Norvège en Suisse et en Scandinavie (BRANG 1998, HANSSEN 2003, LEEMANS 1991). Dans la présente étude, les parterres dans les plantations étaient surtout recouverts de litière d'aiguilles, de feuilles et de mousses et sphaignes. La litière d'aiguilles est généralement reconnue comme un substrat favorable à la régénération de cette essence seulement lorsque les conditions sont particulièrement humides. L'évaporation y est rapide, les températures atteintes peuvent y être élevées, en plus des effets allélopathiques possibles (HANSSEN 2003). Même si certaines mousses et les sphaignes représentent des lits de germination favorables en raison de leur rétention en eau, les espèces à croissance rapide peuvent compétitionner les jeunes plantules d'épinette de Norvège (HÖRNBERG *et al.* 1997).

En général, en bordure et à l'extérieur des plantations (0-20 m), les semis naturels d'épinette de Norvège sont peu fréquents (moins de 13 %) et plus de 70 % de ceux-ci sont de petite taille (50 cm et moins). Il est probable que le sapin baumier et les feuillus domineront les peuplements en devenir puisque ceux-ci sont déjà plus fréquents (29 % et plus) que l'épinette de Norvège à ces distances. La proportion de placettes avec de l'épinette de Norvège semblait plus grande dans les peuplements feuillu-gaulis (19,5 % des placettes de ce type) et l'était beaucoup moins dans les forêts naturelles plus âgées (futaie et perchis), même si ces dernières constituaient les principaux types de peuplement rencontrés autour des plantations. Les semis d'épinette de Norvège établis dans les peuplements de stade gaulis ont probablement pu s'établir peu de temps après une coupe. Plusieurs études ont déjà démontré que la régénération de conifères exotiques se retrouve principalement sur des sites perturbés et sur les sites caractérisés par une faible compétition de la végétation indigène, mais très rarement en forêt (RICHARDSON *et al.* 1994, HAYSOM et MURPHY 2003, ADAMOWSKI 2004). Les cas souvent cités d'envahissement par les pins en Nouvelle-Zélande et en Afrique du Sud par exemple sont principalement localisés dans les prairies, sur les dunes et les sols dénudés (RICHARSON *et al.* 1994). Au Québec, ce type d'environnement est peu fréquent.

Lors de la coupe totale des plantations d'épinette de Norvège au Québec, on pourrait s'attendre à ce que la régénération naturelle de cette essence soit défavorisée par les conditions peu propices à la survie des semis préétablis (GRANHUS *et al.* 2008). Dans la présente étude, la plupart des semis d'épinette de Norvège à l'intérieur des plantations mesurent 10 cm et moins, ce qui limite leur chance de survie et leur habilité à compétitionner avec les espèces indigènes, particulièrement les espèces de lumière. Par ailleurs, le sapin baumier aussi est déjà fréquent (35 %) à l'intérieur des plantations. Cette essence a une croissance juvénile rapide et s'adapte rapidement à l'ouverture du couvert (DUMAIS et PRÉVOST 2007). LANIER (1986) mentionne que la régénération naturelle de l'épinette de Norvège est difficile, sinon impossible à obtenir sous les pessières pures, même lorsqu'elles sont peu denses. En Suède, où l'épinette de Norvège est abondante naturellement, elle est souvent difficile à régénérer après une coupe totale. Par exemple, ÖRLENDER et KARLSSON (2000) observent un haut taux de mortalité attribué à un déficit d'eau ou à une combinaison de ce facteur avec l'augmentation soudaine de lumière, parmi les semis préétablis de moins de 50 cm. Ces auteurs ont aussi observé une croissance lente des petits semis préétablis les trois ou quatre premières années après la coupe. Différents types de coupes partielles de petites dimensions combinées à la

préparation de terrain ainsi que le reboisement sont souvent nécessaires pour assurer une régénération satisfaisante de l'épinette de Norvège en Suède (HANSSEN 2003).

Les résultats de l'étude confirment donc la faible capacité de l'épinette de Norvège de se régénérer au Québec, particulièrement à l'extérieur des plantations, ce qui concorde avec ce qui est généralement observé ailleurs dans le monde où aucun cas documenté d'envahissement par l'épinette de Norvège n'est rapporté (RICHARDSON et REJMANEK 2004). Ces résultats sont aussi en accord avec le modèle de prédiction du potentiel envahissant des espèces ligneuses de REICHARD et HAMILTON (1997) selon lequel l'épinette de Norvège est une espèce qui présente un risque faible d'envahissement.

Conclusion

Les résultats de l'étude permettent de conclure que l'épinette de Norvège ne démontre pas, à ce jour, un caractère envahissant au Québec. Cette espèce n'est d'ailleurs pas considérée envahissante dans les pays où elle a été plantée depuis beaucoup plus longtemps qu'ici. La régénération naturelle de cette essence se retrouve essentiellement à l'intérieur des plantations et en bordure immédiate de celles-ci. À l'extérieur des plantations, la probabilité de trouver une épinette de Norvège est très faible à 10 et 20 m (moins de 2 %) et aucune épinette de Norvège n'a été retrouvée à 50 et 100 m des plantations. La fréquence des semis d'épinette de Norvège n'est pas plus élevée dans les plantations plus âgées (53 à 80 ans). En général, compte tenu de leur petite taille, la compétition par les espèces indigènes limitera leur chance de survie, notamment après la coupe totale. Le suivi à moyen et long termes de la régénération naturelle de l'épinette de Norvège permettrait d'évaluer sa capacité de survivre sur le site de la plantation d'origine et de se naturaliser dans les diverses conditions environnementales rencontrées au Québec.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier deux réviseurs anonymes ainsi que l'éditeur associé et M. Pierre Bélanger pour leurs judicieux commentaires lors de la révision d'une version préliminaire de cette note de recherche. Le travail technique de MM. Jean-Sébastien Joannette, Réjean Poliquin, Jean-Yves Montambault, François Lacombe et Guy Chantal a aussi été grandement apprécié. Il faut souligner la collaboration de Mme Mireille Desponts lors de la mise au point du protocole, de l'équipe du bureau régional de Rimouski du MRNF, particulièrement de M. Jean-Yves Allard, de M. Michel Rioux de la pépinière de Saint-Modeste et de M. Denis Gélinas de la pépinière de Grandes-Piles pour leur aide dans la localisation de certaines plantations. Nous soulignons aussi le travail de Mmes Sylvie Bourassa et Josianne Martin pour la mise en page du manuscrit. Finalement, de sincères remerciements s'adressent à Mme Sauphie Senneville de l'Université Laval pour sa collaboration à la mise au point des marqueurs moléculaires, à Mme Nathalie Isabel du Service canadien des forêts pour l'accès au laboratoire ainsi qu'à Mme Danielle Lamontagne pour sa participation aux travaux de laboratoire.

Références bibliographiques

ADAMOWSKI, W., 2004. *Why don't alien conifers invade the Bialowieza Forest*. Weed Technology 18 : 1453-1456.

BRANG, P., 1998. *Early seedling establishment of* Picea abies *in small forest gaps in the Swiss Alps*. Can. J. For. Res. 28 : 626-639.

CASTONGUAY, S., 2006. *Foresterie scientifique et reforestation : l'État et la production d'une « forêt à pâte » au Québec dans la première moitié du XX^e siècle*. Revue d'histoire de l'Amérique française 60(1-2) : 61-93.

CORNELLIER, P., 1995. *Position du ministère des Ressources naturelles du Québec concernant le problème du charançon du pin blanc*. Dans R. Lavallée et G. Bonneau, org. et éd. Compte rendu du Colloque sur le charançon du pin blanc. Sainte-Foy, Québec, 27-28 sept. 1994. p. 111-117.

DUMAIS, D. et M. PRÉVOST, 2007. *Management for red spruce conservation in Québec: The importance of some physiological and ecological characteristics - A review.* For. Chron. 83 : 378-392.

GASSER, D., M.-H. LANGIS et M. CÔTÉ, 2008. *L'épinette de Norvège (*Picea abies *(L.) Karst) : risque de naturalisation et d'envahissement des écosystèmes en Gaspésie.* Gaspé (Québec), Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles. 43 p.

GRANHUS, A., K.H. HANSSEN et M. DE CHANTAL, 2008. *Emergence and seasonal mortality of naturally regenerated* Picea abies *seedlings : impact of overstory density and two site preparation methods*. New Forests 35 : 75-87.

GRAVES, H.S., 1900. *The practice of forestry by private owners*. US Dpt. of Agriculture Yearbook (1899), 415-428, US Dpt. of Agr., Washington, D.C.

HANSSEN, K.H., 2003. *Natural regeneration of* Picea abies *on small clear-cuts in SE Norway*. For. Ecol. Manage. 180 : 199-213.

HAYSOM, K.A. et S.T. MURPHY, 2003. *The status of invasiveness of forest tree species outside their natural habitat : a global review and discussion paper.* Forest Health and Biosecurity Working Paper FBS/3E. Forestry Dpt. FAO, Rome. 76 p.

HÖRNBERG, G., M. OHLSON et O. ZACKRISSON, 1997. *Influence of bryophytes and microrelief conditions on* Picea abies *seed regeneration patterns in boreal old-growth swamp forests*. Can. J. For. Res. 27 : 1015-1023.

IUCN, 2010. *The Global Invasive Species Database. Invasive Species Specialist Group (ISSG)*. IUCN Species Survival Commission. http://www.issg.org/database/welcome/. Visité le 14 juillet 2010.

LANIER, L., 1986. *Précis de sylviculture*. École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts. 468 p.

LEEMANS, R., 1991. *Canopy gaps and establishment patterns of spruce (*Picea abies *(L.) Karst.) in two old-growth coniferous forests in central Sweden*. Vegetatio 93 : 157-165.

MACARTHUR, J.D., 1964. *Norway spruce plantations in Québec*. Department of Forestry, Forest Research Branch, Canada. Publication No. 1059. 44 p.

MCCULLAGH, P. et J.A. NELDER, 1989. *Generalized Linear Models, Second edition, Chapman and Hall: London*. (Monographs on Statistics and Applied Probability 37). 511 p.

ÖRLENDER, Ö et C. KARLSSON, 2000. *Influence of shelterwood density on survival and height increment of* Picea abies *advance growth*. Scand. J. Res. 15 : 20-29.

PERRY, D.J. et J. BOUSQUET, 1998. *Sequence-Tagged-Site (STS) markers of arbitrary genes : development, characterization and analysis of linkage in black spruce*. Genetics 149 : 1089-1098.

RAN, J.-H., X.-X. WEI et X.-Q. WANG, 2006. *Molecular phylogeny and biogeography of* Picea *(Pinaceae): implications for phyogegraphical studies using cytoplasmic haplotypes*. Molecular Phylogenetics and Evolution 41 : 405-419.

REICHARD, S.H. et C.W. HAMILTON, 1997. *Predicting invasions of woody plants introduced into North America*. Conserv. Biology. 11 : 193-203.

RICHARDSON, D.M. et M. REJMÁNEK, 2004. *Conifers as invasive aliens : a global survey and predictive framework*. Diversity Distrib. 10 : 321-331.

RICHARDSON, D.M., P. PYŠEK, M. REJMÁNEK, M.G. BARBOUR, D.F. PANETTA et J.C. WEST, 2000. *Naturalization and invasion of alien plants – concepts and definitions*. Diversity Distrib. 6 : 93-107.

RICHARDSON, D.M., P.A. WILLIAMS et R.J. HOBBS, 1994. *Pine invasions in the Southern Hemisphere: determinants of spread and invadability*. J. Biogeogr. 21 : 511-527.

ROZEN, S. et H.J. SKALETSKY, 2000. *Primer3 on the WWW for general users and for biologist programmers*. Dans : Krawetz, S., S. Misener (éd.). Bioinformatics Methods and Protocols: Methods in Molecular Biology. Humana Press, Totowa, N.J. p. 365-386.

SAUCIER, J.-P., P. GRONDIN, A. ROBITAILLE, J. GOSSELIN, C. MORNEAU, P.J.H. RICHARD, J. BRISSON, L. SIROIS, A. LEDUC, H. MORIN, É. THIFFAULT, S. GAUTHIER, C. LAVOIE et S. PAYETTE, 2009. *Écologie forestière*. Dans Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Manuel de foresterie, 2e éd. Ouvrage collectif, Éditions Multimondes, Québec. p. 165-315.

Le mandat de la Direction de la recherche forestière (DRF) au sein du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) est de participer activement à l'amélioration de la pratique forestière au Québec. La concrétisation de ce mandat passe par la réalisation de travaux, principalement à long terme et d'envergure provinciale, lesquels intègrent à la fois des préoccupations de recherche fondamentale et de recherche appliquée.

Elle subventionne aussi des recherches universitaires à court ou à moyen terme. Ces recherches, importantes pour le Ministère, sont complémentaires aux travaux de la DRF ou réalisées dans des créneaux où elle ne peut s'impliquer.

Elle contribue à la diffusion de nouvelles connaissances, d'avis et de conseils scientifiques et à l'intégration de ces nouvelles connaissances ou savoir-faire à la pratique forestière.

ISBN 978-2-550-59931-9
ISBN (pdf) 978-2-550-59932-6
Dépôt légal 2010
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© 2010 Gouvernement du Québec

Ressources naturelles et Faune
Québec